

Stor variation i græspollen er en udfordring i vejledningen til allergikere - resultater fra ny dansk pollenforskning

Af P.V. Ørby¹, R.G. Peel³, C.A. Skjøth², J. Sommer⁴, J. Oteros⁵, J.H. Bønløkke¹, V. Schlinssen¹, O. Hertel³

Sammenfatning

Pollenallergi rammer op mod en femtedel af Danmarks befolkning og forringer deres hverdag og livskvalitet. Et af de vigtigste værktøjer, en pollenallergiker har, er information om, hvornår der er pollen i luften. Denne information anvender allergikere til at planlægge indtag af medicin og tilrettelæggelse af hverdagen. Således kan de begrænse deres symptomer så meget som muligt. En primær kilde til information er pollenmålinger fra Viborg og København. Ny forskning fra Aarhus Universitet (AU) og Astma Allergi Danmark afdækker, at der er væsentlige lokale forskelle i mængden af græspollen. Denne variation gælder især for dage med høje pollental. Resultaterne indikerer, at særligt på dage med høje pollental for græs er nærheden til lokale kilder meget vigtig. På samme tid er de lokale koncentrationer ikke nødvendigvis korreleret med pollenmålinger fra de nationale målestationer i Viborg og København.

Information om døgnvariationen i pollen er vigtig for pollenallergikerne. De nye studier indikerer store forskelle fra dag til dag, i forhold til hvornår de højeste koncentrationer forekommer, og at dette billede ændrer sig over pollensæsonen. Viden om døgnvariation, og hvad der styrer den, er endnu langt fra fyldestgørende i forhold til at kunne formidle denne information til pollenallergikere. Vores



Figur 1. Græspollen ses her tydeligt omkring en *Dactylis glomerata* (alm. hundegræs) i fuld blomst. Græspollensæsonen strækker sig typisk fra uge 21-35 i Vestdanmark og uge 20-34 i Østdanmark (1).

studier peger i retning af, at de højeste koncentrationer af græspollen hyppigst forekommer tidligt på aftenen, men at de kan forekomme på alle tider af døgnet.

Baggrund

Græsallergi er den mest udbredte pollenallergi i Europa, hvor helt op til 26 % af befolkningen er sensibiliseret for græs (Schweitz) (2). I Danmark lider op mod en million danskere af pollenallergi og Statens Institut for Folkesundhed regner med, at der i år 2020 vil være 800.000 flere danskere med allergi (3,4). Ny forskning af overlæge og forsker Allan Linneberg viser, at hver tredje luftvejsallergiker ikke aner, at han eller hun lider af høfeber, og at fire ud af ti allergikere ikke bliver behandlet for deres allergi (5).

Pollen er ikke klassificeret som luftforurening, men en del af disse biologiske partikler udgør ikke desto mindre en kilde til udbredte helbredseffekter. I Danmark drejer det sig især om

¹ Institut for Folkesundhed, Aarhus Universitet.

² Institut for Videnskab og Miljø, Worcester Universitet.

³ Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet.

⁴ Astma Allergi Danmark.

⁵ Institut for Botanik, Økologi og Plantefysiologi, Cordoba Universitet.



Figur 2. *Dactylis glomerata* i blomst, samt nærbillede af blomsten med de tre støvdragere, der indeholder flere tusind pollenkorner hver. Der findes 218 forskellige græsarter i Danmark (6).

pollen fra træerne hassel, el, elm og birk samt pollen fra græs og grå-bynke.

En række internationale studier har vist, at udsættelse for pollen kan medføre udvikling af høfeber. Samtidig er der meget, der tyder på, at høfeber er direkte koblet til astma - en sygdom med forskellige udslag (7,8). Personer, som er sensibiliseret overfor pollen, har således stor risiko for at udvikle høfeber og/eller astma (9).

Pollenmåling i Danmark

I Danmark måles pollenkoncentrationen i luften i København og i Viborg (10). Astma Allergi Danmark udsender Dagens Pollental samt Dagens Pollenvarsling. Sidstnævnte er en forudsigelse af det kommende døgns pollenmængde på de to lokaliteter og angives i tre niveauer. For græs er niveauerne; høj >50 pollen/ m^3 , middel 10-50 pollen/ m^3 og lav <10 pollen/ m^3 (www.astma-allergi.dk).

Græspollensæsonen i Danmark varer i gennemsnit fra d. 27. maj til d. 28. august (hhv. 2,5 % og 97,5 % fraktil) (11). Sæsonen starter og slutter typisk en uge tidligere i den østlige del af landet end i den vestlige (1).

Der foreligger endnu ikke videnskabeligt dokumenterede modeller, der operationelt og med god præcision kan forudsige eksponering for græspollen, og som også inkluderer variationen over døgnet i pollenmængderne.

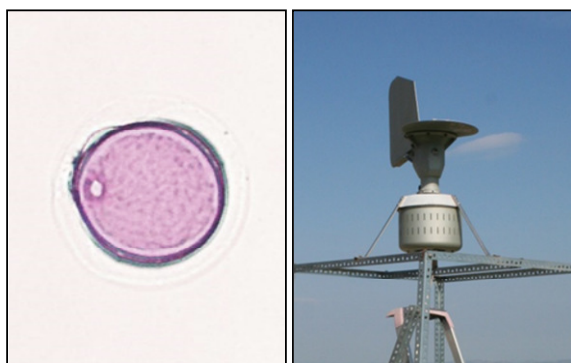
Hvorfor er variationen over døgnet interessant?

Andelen af allergikere, der oplever symptomer, samt graden af disse symptomer, er stærkt korreleret med mængden af pollen i luften (12,13). For at mindske generne af pollen behandles allergi derfor ofte ved at dosere mængden af medicin efter det forventede pollenniveau og allergikerens symptomer. Dertil kommer forskellige praktiske råd til at minimere kontakt med pollen i hverdagen, f.eks. at allergikere lufte godt ud i boligen, dog ikke timerne midt på dagen, hvor der almindeligvis er flest pollen i luften. Det tilrådes desuden at motionere enten tidligt eller sent på dagen, hvor der forventes færrest pollen i luften. For at give allergikerne den bedst mulige rådgivning i hverdagen, er viden om, hvornår på døgnet de højeste koncentrationer forekommer derfor essentiel.

Langt de fleste studier af døgnvariationen i græspollenniveauer angiver en gennemsnitlig kurve for hele sæsonen eller f.eks. blot for højsæsonen (17-24).

Lidt om pollenallergi.....

- Pollenallergi blev først beskrevet af lægen John Bostock i 1819, som en påvirkning af øjne, næse og lunger i sommerperioden (9).
- Pollen spredes enten med vinden eller af insekter. De pollen, der spredes med vinden er ofte mindre og lettere, og disse planter producerer større mængder pollen. De fleste allergifremkaldende pollen er vindsprede og af de 12 vigtigste europæiske arter er ca. 6 naturligt til stede i Danmark i tilstrækkeligt store mængder (14)
- Mellem 20 og 30 % af de mennesker, der har høfeber, har eller udvikler senere astma (15).
- Pollenallergi koster 7.500 kr. om året per allergiplaget dansker i gennemsnit. Undersøgelsen medregner udgift til medicin, lægebesøg, vagtlæge, hospitalsindlæg og sygedage fra arbejde (16).



Figur 3. Græspollen (venstre) er ca. 20-40 μm (25). Ved at tilsætte et farvestof bliver pollenkornene pink, og ses derfor lettere i et mikroskop. Højre – Hirst pollenfælde. Denne type fælde er anvendt siden 1950'erne.

Kun få studier har fokuseret på forskelle i døgnvariationen (26,18) på trods af, at der kan være meget store forskelle fra dag til dag. Variationen i pollenkoncentration er påvirket af en række faktorer, som har indflydelse på hvornår græsserne frigiver pollen til luften, eller på den efterfølgende spredning og transport i atmosfæren.

Meteorologiske variable (f.eks. regn, temperatur og vind) og mikroklimatiske forhold kan påvirke både udvikling, emission og transport af pollen.

Dertil kommer, at de mange arter af græs blomstrer på forskellige tidspunkter i løbet af sæsonen og døgnet (27-31). Den lokale sammensætning af blomstrende græsser kan derfor også have betydning for pollenmængden, både hen over døgnet og fra dag til dag over sæsonen.

Pollenmåling i tagniveau

Pollenmåleprogrammerne i Europa, herunder Danmark, er designet til at give et overordnet billede af pollenkoncentrationerne og pollen-sæsonens udvikling. Målinger i indåndings-højde vil kun give en estimering af det helt lokale niveau. Derfor er anbefalingen, at målestationerne skal placeres i tagniveau, altså ca. 10-20 meters højde. Det antages, at målestationen derved giver et passende billede af pollen-

trykket i 20 meters højde samt sæsonens udvikling i en radius af ca. 30 km (32). Selvom der kan være store forskelle på tag og gadeniveau, er koncentrationerne i mange tilfælde velkorrelerede (33).

Med to pollenmålestationer i Danmark er tætheden af målestationer meget lig den man finder i resten af Europa (14). Resultater for birkepollen viser dog, at to målestationer ikke er nok til at give et repræsentativt billede af den mængde birkepollen, der findes i luften i resten af landet (34). Græspollen er større end birk og frigives i lavere højde. Det betyder, at mængden af pollen kan være væsentligt højere i hovedhøjde, end det der måles på toppen af en høj bygning, såfremt der er lokale kilder (figur 4). I de fleste områder er der mange kilder til græspollen, og når en emissionskilde er lokal, vil koncentrationsniveauet i høj grad være domineret af den enkelte kilde.

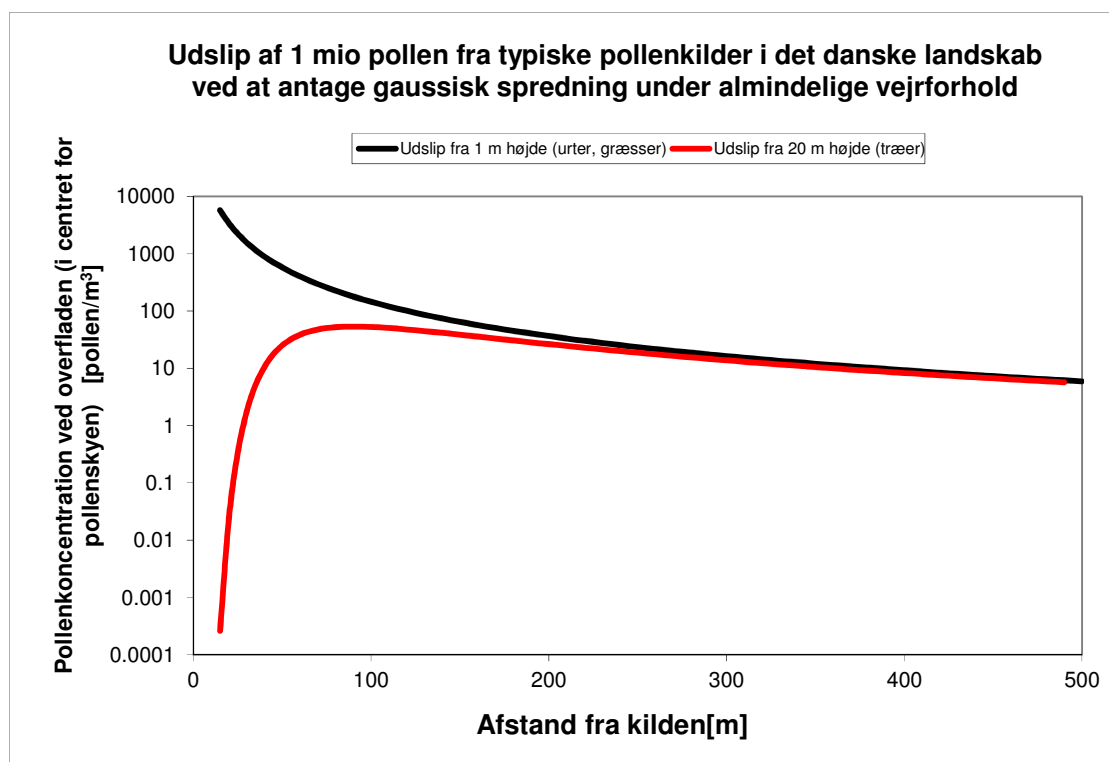
Derfor vil der være risiko for store lokale variationer i græspollenkoncentrationen - især i hovedhøjde (35).

Forskningssamarbejdet mellem Aarhus Universitet og Astma Allergi Danmark tager udgangspunkt i netop disse usikkerheder. Er der store lokale forskelle i græspollenmængderne, og er der forskelle i døgnvariationen over sæsonen? Et "ja" til disse spørgsmål, vil føre til nye udfordringer i vejledningen til allergikerne.

I det følgende beskrives disse undersøgelser, og deres resultater.

Lokale kilder bidrager mest på dage med høje koncentrationer

Forskerne ved AU ønskede at undersøge, om lokale kilder medfører en betydelig og overset lokal variation i græspollenkoncentrationen. Hvis der er stor variation, kan det give usikkerhed i prognoserne baseret på kun to stationer i taghøjde i Danmark. Et projekt blev derfor igangsat for at fremskaffe mere detaljerede data om græspollenkilder og lokale variationer i pollenforekomsten. For at undersøge de



Figur 4. Koncentrationsprofiler af pollen tæt på jordoverfladen, hvis man frigiver 1 million pollen fra træer i ca. 20's højde (rød) eller fra græsser/urter i ca. 1m's højde (sort). Nær ved kilden er der store forskelle i andel af pollen, der når overfladen.

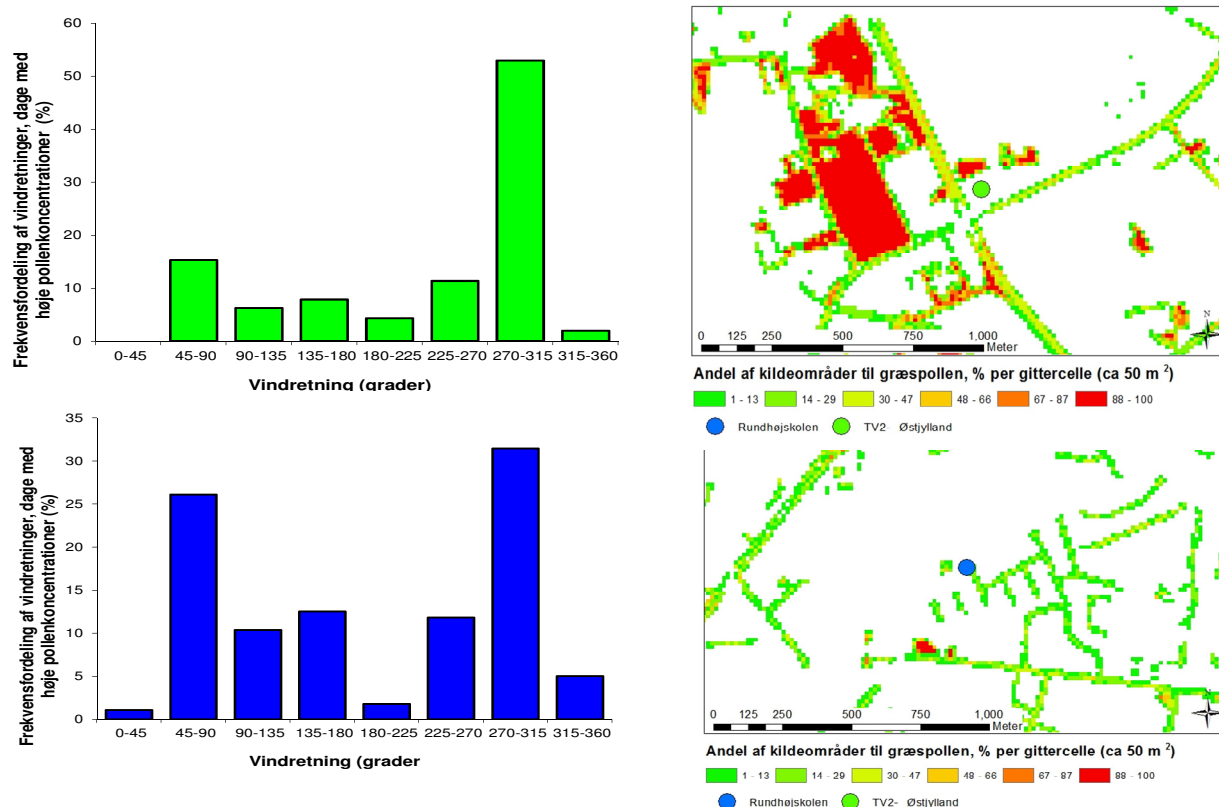
lokale variationer i pollenmængderne, blev der opsat tre pollen målestationer i Aarhus by i perioden 2009-2011 med ca. 8 km's indbyrdes afstand. Målestationerne bestod af en Burkard pollenfælde (36) placeret i tagniveau på Rundhøjskolen, på Teknik og Miljø i Aarhus centrum, og på taget af TV2 Østjylland. Den operationelle pollenfælde i Viborg er ca. 60 km væk fra Aarhus.

For at undersøge lokale variationer i pollen-kilderne blev området omkring Aarhus by undersøgt. De potentielle græspollenkilder blev kortlagt ved hjælp af satellitbilleder, information om afgrøder på markarealerne samt information fra Aarhus kommune om klippingsfrekvensen af græsarealerne i byen (udsnit af kildekort i figur 5) (35).

Både i og omkring Aarhus findes mange potentielle græspollenkilder i form af f.eks. uklippede græsrabatter (ses som lange grønne

arealer i figur 5) og parkarealer samt braklagte og permanente græsningsmarker udenfor byen.

Kildekortet blev sammenholdt med pollenkoncentrationerne målt på de tre lokaliteter i Aarhus. Det viste en sammenhæng mellem de højeste pollenkoncentrationer og de højeste frekvenser af lokale potentielle græspollenkilder. En analyse af vindretninger viste desuden, at på dage med høje græspollenkoncentrationer var det hyppigst, at vinden kom fra retninger med mange kilder (figur 5). Det er dog ikke kun lokale kilder, der er afgørende for pollenmængderne, da der også forekommer høje koncentrationer på dage med vinde fra retninger uden umiddelbare lokale kilder. Det kan skyldes langtransport (over 200 km, se definition i (35)) fra fjerne kildeområder, men en serie studier har vist, at den slags transport typisk kun sker få gange hvert år, så fokus bør være på nærområdet (32).



Figur 5. Kortudsnit af områderne omkring to af de tre pollenmålestationer i Aarhus, samt frekvensfordelinger af vindretningerne på dage, hvor der er målt høje pollenkoncentrationer. Grøn: Området omkring TV2 Øst (øverst – grøn cirkel) har mange potentielle pollenkilder (rød markering) mod nordvest, hvilket også ses ved at vinden kommer fra denne retning over halvdelen af dagene med høje pollenkoncentrationer. Blå: Der er ikke nogle større potentielle pollenkilder i området omkring Rundhøjskolen. Her ses en væsentlig anderledes fordeling af vindretningerne på dage med mange pollen.

Korrelationen mellem pollendøgntallet¹ målt i de tre fælder i Aarhus og fælden i Viborg var høj for hele sæsonen ($R^2 = 0,6-0,8$) og for dage med koncentrationer under 50 (0,7-0,9), men for dage med høje pollental over 50 var der ingen korrelation mellem de to byer (-0,35-0,15).

Årsagen kan være, at netop de lokale kilder bidrager mest på dage på høje pollenkoncentrationer. Resultatet indikerer, at for en overordnet vurdering af sæsonen giver målingerne i Viborg en god estimering af niveauet i Aarhus, men for dage med høje koncentrationer er de

lokale kilder meget vigtige for pollenkoncentrationerne.

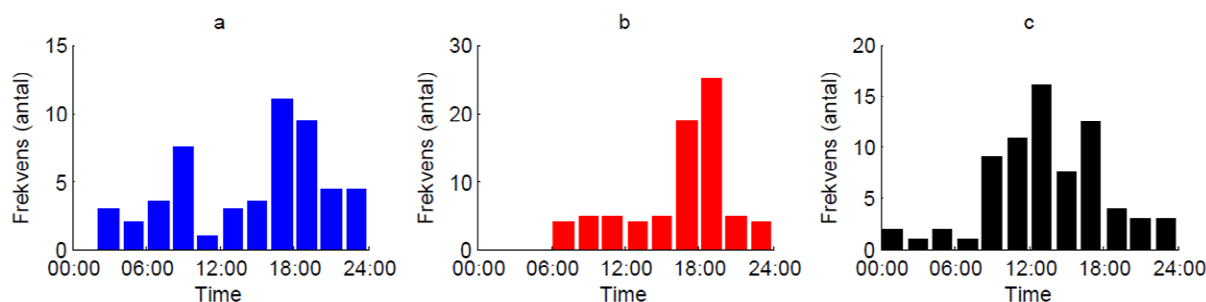
Variation i tidspunkt på dagen for de højeste pollenkoncentrationer

Variation i døgnprofilet for græspollen analyseres ved brug af 2-times pollendata fra de tre ovenstående beskrevne pollenfælder i Aarhus.

Kun dage med døgnantal over 20 er inkluderet i analysen, da lave pollenregistreringer vil give store usikkerheder på data.

Døgnvariationen er angivet ud fra pollentællinger for hver 2. time, men pga. målemetode og instrument, er det usikkert præcist hvornår den højeste koncentration forekommer inden

¹ Gennemsnitligt indhold af pollen i 1 m³ luft over et døgn fra 00-24.



Figur 6. Frekvens fordeling af tidspunktet for maksimal pollenkoncentration i starten (a), i midten (b) og i slutningen (c) af pollensæsonen.

for et interval af tre timer. Dette er standarden inden for pollenmåling. Derfor vil en maksimal koncentration, registreret til f.eks. kl. 19, dække over at den højeste koncentration er forekommet mellem kl. 17:30 og kl. 20:30.

Dage med regn er desuden ekskluderet pga. udvaskningseffekten (37), der dermed ville påvirke døgnvariationen. Det resulterer i et datasæt på 154 døgn fra de tre pollenfælder i Aarhus, indsamlet over 69 dage.

Døgnprofilerne for de enkelte dage er evalueret, og tidspunktet for den maksimale pollenkoncentration identificeres som den højeste værdi over 50 pollen m^{-3} , således at nul, et eller to maksima i løbet af et døgn kan forekomme. Døgnprofilerne blev efterfølgende standardiseret for udelukkende at se på døgnmønsteret og ikke mængden af pollen den enkelte dag.

Døgnprofilerne for Aarhus viste, at den maksimale koncentration (over 50 pollen m^{-3}) kan forekomme på alle tider af døgnnet. Der var dog en tendens til at én profiltype dominerede i starten, en anden i midten og en tredje i slutningen af sæsonen.

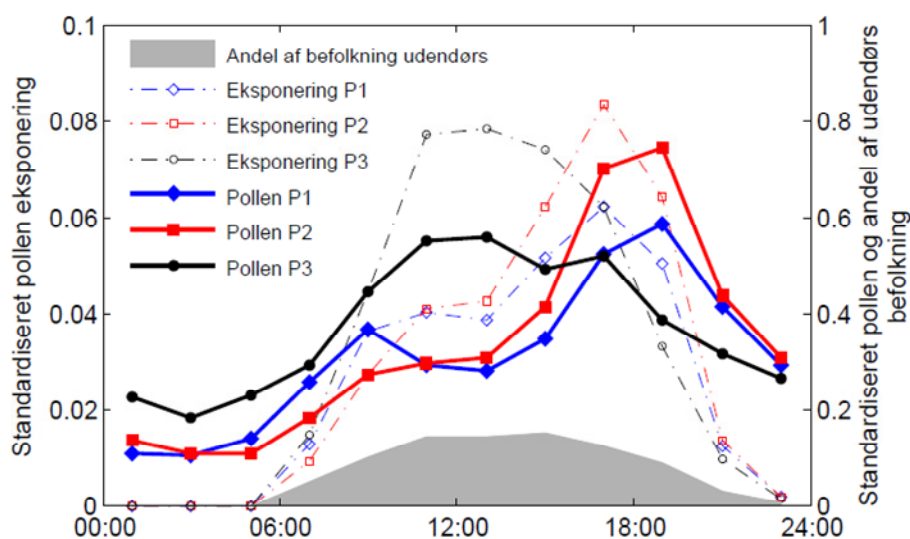
Der er fundet statistisk signifikant forskel i døgnvariationen af frekvensen af maksimalkoncentrationen for de tre perioder. Figur 6 viser fordelingen, hvor det ses, at tidspunktet for de højeste koncentrationer ser ud til at forekomme omkring kl. 11 og kl. 17 i starten af sæsonen, omkring kl. 19 i højsæsonen og omkring kl. 13 i slutningen af sæsonen.

Årsagen kan være, at forskellige græsser bidrager til den overordnede døgnprofil i løbet af sæsonen og dermed giver variationer i døgnprofilerne hen over græspollensæsonen.

Vi fandt ikke umiddelbart noget tydeligt mønster mellem pollenniveauer og meteorologiske parametre. Formentlig er relationen mellem forskellige døgnmønstre i pollenmængde og meteorologiske parametre meget kompleks. Det er derfor nødvendigt med yderligere forskning for at klarlægge disse sammenhænge.

Variationen i tidspunktet for den højeste pollenkoncentration kan sammenholdes med, hvornår flest mennesker opholder sig udendørs (38). Det giver en indikator for hvilke tidspunkter på døgnnet flest mennesker vil være udsat for de, på dette tidspunkt af sæsonen, højeste koncentrationer (figur 7).

Analysen viser, at flest borgere opholder sig udendørs midt på dagen, hvilket falder sammen med tidspunktet for dagens højeste pollenkoncentrationer i slutningen af pollensæsonen. Der er derfor her en forholdsvis høj standardiseret befolkningseksponering. Selvom andelen af befolkningen, der opholder sig udendørs, ikke er på sit højeste tidligt på aftenen (grå kurve i figur 7), hvor den højeste koncentration af græspollen forekommer i højsæsonen, så er dette alligevel et tidsrum, hvor mange vil opholde sig kortvarigt udenfor. Dage med sol og varme giver gunstige forhold for mange pollen i luften. På disse dage er der også stor sandsynlighed for, at mange danskere vil opholde



Figur 7. Døgnvariation i standardiseret befolkningseksponering (stiplede linjer) og standardiseret pollenkoncentrationer (optrukne linjer) for tre perioder af sæsonen; P1, P2 og P3. Andelen af befolkningen, der kan formodes at være udendørs, er udledt af Klepeis et al. (2001) (markeret med grå).

sig udendørs efter arbejde. Derfor er det relevant viden for allergikerne, at der her ses de hyppigst forekommende maksimale pollenmængder.

Tre typiske døgnvariationer i København

En anden metode til at afdække om der findes typiske variationer i døgnprofilen af græspollen, er at anvende cluster-analyse, hvor dage med lignende profiler grupperes. Metoden blev anvendt på 259 døgnprofiler af 2 timers tællingerne fra kl. 01-23. Pollendata er fra pollenfælden i København fra 2001-2010 for dage uden regn og med pollental over 20. Data er standardiseret for at analysere mønstret i døgnvariationen og ikke pollenmængden.

Cluster analyse er velegnet til at afdække forskellige naturlige grupperinger af døgnprofiler, og vi identificerede tre forskellige grupper. Meget atypiske døgnprofiler er frasortet (afstand til cluster centrum >2) da målet var at afdække typiske døgnmønstre. Dette reducerede data fra 259 til 190 døgnprofiler.

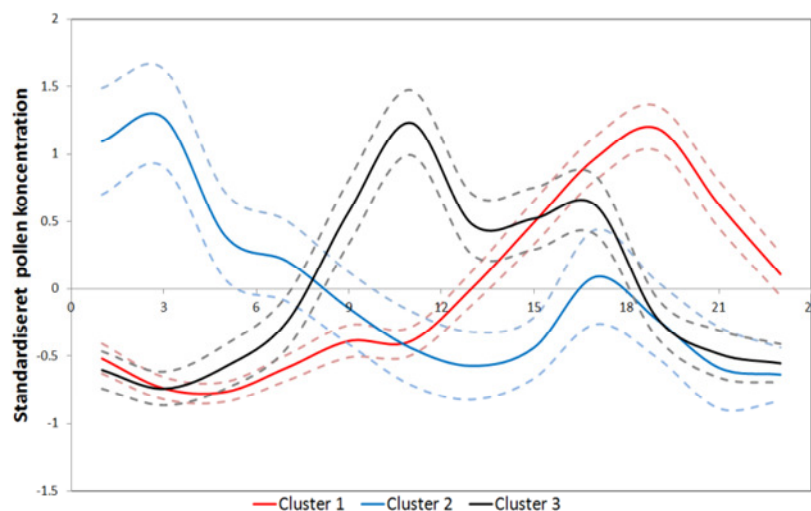
Kruskal-Wallis statistiske test blev anvendt på pollendata for både 2-time og døgnværdier for at afdække, om de fundne variationer af døgnmønstret var korreleret med meteorologiske faktorer som temperatur, luftfugtighed og vindhastighed.

Det hyppigste mønster er cluster 1 (rød kurve i figur 8), hvor pollenmængden topper kl. 19 (109 døgn/57 %). Næst hyppigst er cluster 3 (sort) med døgn, hvor de højeste koncentrationer forekommer omkring kl. 11, og med en mindre stigning kl. 17 (57 døgn/30 %). I den sidste gruppe, cluster 2 (blå) forekommer de højeste koncentrationer omkring kl. 02 om natten (24 døgn/13 %), med en mindre stigning kl. 17. Ingen af de tre grupper havde statistiske signifikante forskelle mellem en række meteorologiske parametre.

De fundne mønstre kan forekomme på forskellige dage af sæsonen. En umiddelbar sammenhæng med tidspunkt på sæsonen er dog endnu ikke fuldstændigt afdækket, da græsserne ikke blomstrer på samme dato hvert år.

Yderligere analyser er undervejs for at afdække dette.

Døgnprofiler for græspollen i København



Figur 8. Standardiserede døgnprofiler for tre grupper af græspollendata fra pollenfælden i København, grupperet ved cluster analyse (x-akse: Tid på dagen). Rød=cluster 1, blå = cluster 2 og sort = cluster 3. Cluster 1 udgør den største gruppe af profiler, og er dermed det hyppigst forekommende døgnprofil.

Resultater kan bruges i fremtidens pollenvarsling

Resultaterne viser, at der ikke findes én døgnvariation i græspollenniveauet, men derimod at der er store forskelle i, hvornår på døgnet de højeste koncentrationer forekommer. Forskelle der er relateret til tidspunkt på sæsonen, og til meteorologiske forhold, som endnu ikke er fuldt afdækket.

På trods af stor variation i døgnmønsteret, er der sammenfald mellem den hyppigst forekommende døgnvariation for pollentællinger fra København og højsæsonmønsteret i Aarhus, hvor de højeste koncentrationer forekommer tidligt på aftenen (røde kurver i figur 7 og figur 8).

Selvom der er ligheder mellem døgnvariationen i Aarhus og København, er det også forventet, at vi vil finde forskelle i pollenmængder og døgnvariationer. Studiet af fordelingen af pollenkilder i Aarhus afdækker netop hvor vigtig de lokale forhold er for variationen i pollenmængder. Især på dage, hvor der måles høje koncentrationer. Det er ny viden, som på sigt kan anvendes til bedre pollenvarsling.

De store lokale variationer i pollenmængderne og variationen i hvornår på døgnet pollenkoncentration topper repræsenterer to store udfordringer for rådgivning til allergikere, og for fremtidens pollen varslingssystemer.

Yderligere analyser er stadig påkrævet for at øge vores forståelse af de mange faktorer, der har indflydelse på mængderne af græspollen i luften. Den viden er essentiel i udviklingen af en personlig pollenvarsling.

Den nuværende viden om pollen og allergi indikerer, at fremtidens pollenvarslingssystem bør baseres på allergikerens aktuelle placering, nærhed til pollenkilder, meteorologiske forhold, både lokale og regionale, og samspillet med luftforurening, samt på allergikerens egne tærskler for udvikling af symptomer. Viden om lokale variationer og døgnvariationen i pollenmængden er blot enkelte brikker i det store puslespil, der i fremtiden vil forbedre polleninformationen og dermed livskvaliteten for mange allergikere.

Anerkendelser

Pollendata anvendt i disse studier er indsamlet af Institut for Folkesundhed, Aarhus

Universitet og Astma Allergi Danmark. Målinger i 2009-10 er finansieret af Aarhus Universitets Forskningsfond, og i 2011 af Forskningsfonden, Astma Allergi Forbundet. Indkøb af pollenfælder er finansieret af Tuborg Fonden.

Tak til Professor Torben Sigsgaard for hans store arbejde i forbindelse med at fremme de omtalte pollenforskningsprojekter og arbejdet med at opsætte målestationer i Aarhus by.

Tak til Aarhus kommune i forbindelse med fremskaffelse af satellitdata og data til analysen af klipningsfrekvenser for græsarealerne i Aarhus by.

Tak til Michael Salomonsen og TV2 Øst, Aarhus kommune og til Rundhøjskolen for tilladelse til opsætning samt assistance med pollenfælderne.

Yderligere information:

Pia Ørby

piv@dmu.dk

Referencer

1. Astma-Allergi Danmark og Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet (2010). *Komplet pollenkalender Danmark øst + Komplet pollenkalender Danmark vest*.
2. Bousquet PJ, Chinn S, Janson C, Kogevinas M, Burney P, Jarvis D. *Geographical variation in the prevalence of positive skin tests to environmental aeroallergens in the European Community Respiratory Health Survey I*. Allergy 2007;62(3):301-9.
3. Linneberg A, Jørgensen T, Nielsen NH, Madsen F, Frølund L, Dirksen A. *The prevalence of skintest positive allergic rhinitis in Danish adults: two cross sectional surveys 8 years apart. The Copenhagen Allergy Study*. Allergy 2000;55(8):767-72.
4. Ekholm O, Kjølner M, Davidsen M, Hesse U, Eriksen L, Christensen AI, Grønbæk M. *Sundhed og sygelighed i Danmark & udviklingen siden 1987*. Syddansk Universitet. Statens Institut for Folkesundhed, 2007.
5. Grønhøj Larsen C, Gyldenløve M, Linneberg A. *Allergic rhinitis is often undiagnosed and untreated: results from a general population study of Danish adults*. Clin Resp J, 2013.
6. Schou JC, Wind P, Lægaard S. *Danmarks græsser*.
7. Grossman J. (1997). *One airway, one disease*. CHEST Journal 1997;111(2_Supplement): 11S-16S.
8. Bachert C, Vignola AM, Gevaert P, Leynaert B, Van Cauwenberge P, Bousquet J. *Allergic rhinitis, rhinosinusitis, and asthma: one airway disease*. Immunol Allergy Clin North Am 2004;24(1):19-43.
9. Cecchi L. *Introduction. In: Allergenic pollen: a review of the production, release, distribution and health impacts*. Springer 2013;1-7.
10. Sommer J, Rasmussen A. *Pollen & spore-målinger i Danmark, sæsonen 2011*.
11. Sommer J, Rasmussen A. *Pollen & spore-målinger i Danmark, sæsonen 2012*.
12. Hajat S, Haines A, Atkinson RW, Bremner SA, Anderson HR, Emberlin J. *Association between air pollution and daily consultations with general practitioners for allergic rhinitis in London, United Kingdom*. Am J Epidemiol 2001;153(7):704-14.
13. de Weger L, Beerthuizen T, Gast-Strookman J, van der Plas D, Terreehorst I, Hiemstra P, Sont J. *Difference in symptom severity between early and late grass pollen season in patients with seasonal allergic rhinitis*. Clin Transl Allergy 2011;1(1):1-11.
14. Skjøth CA, Jäger S, Šikoparija B, EAN-Network. *Pollen sources. In: Allergenic pollen: a review of the production, release, distribution and health impacts*. Springer 2013a:9-28.
15. Wang ET, Durham S, Fokkens W, Lau S, Leynaert B, Wickman M, Salapatas M, Burney P. *Does rhinitis lead to asthma?* Rhinology 2007;45:112-21.
16. Petersen KD. *Undersøgelse af sammenhæng mellem behov, efterspørgsel og socio-økonomiske faktorer*. Syddansk Universitet. Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, 2009.

-
17. Emberlin J, Norris-Hill J. *Spatial variation of pollen deposition in North London*. Grana 1991;30(1):190-5.
 18. Mullins J, White J, Davies BH. *Circadian periodicity of grass pollen*. Ann Allergy 1986;57(5):371.
 19. Galan C, Cuevas J, Infante F, Dominguez E. *Seasonal and diurnal variation of pollen from Gramineae in the atmosphere of Cordoba Spain*. Allergologia et Immunopathologia 1989;17(5):245.
 20. Galan C, Tormo R, Cuevas J, Infante F, Dominguez E. *Theoretical daily variation patterns of airborne pollen in the southwest of Spain*. Grana 1991;30(1):201-9.
 21. Trigo M d M, Recio M, Toro FJ, Cabezudo B. *Intradiurnal fluctuations in airborne pollen in Malaga (S. Spain): A quantitative method*. Grana 1997;36(1):39-43.
 22. Rantio-Lehtimäki A, Helander M, Pessi AM. *Circadian periodicity of airborne pollen and spores; significance of sampling height*. Aerobiologia 1991;7(2):129-35.
 23. Kosisky SE, Marks MS, Nelson MR. *Fluctuations in Airborne Grass Pollen Levels As Determined in Three-Hour Intervals During a 24-Hour Period (2007-2009)*. AB16, 2010.
 24. Gassmann MI, Pérez CF, Gardiol JM. *Sea-land breeze in a coastal city and its effect on pollen transport*. Int J Biometeorol 2002;46(3):118-25.
 25. Brown H, Irving KR. *The size and weight of common allergenic pollens*. Morrow Blackwell Publishing Ltd 1973; vol 28 - issue 2:132-7.
 26. Norris-Hill J. *The diurnal variation of Poaceae pollen concentrations in a rural area*. Grana 1999;38(5):301-5.
 27. Jones, M. D. (1952). "Time of day of pollen shedding of some hay fever plants." J Allergy, 23(3), 247-258.
 28. EMECZ TI. *The effect of meteorological conditions on anthesis in agricultural grasses*. Annals of Botany 1962;26(2):159-72.
 29. Ogden EC, Hayes JV. *Diurnal patterns of pollen emission in Ambrosia, Phleum, Zea, and Ricinus*. Am J Botany 1969:16-21.
 30. Beddows AR. *Seed-setting and flowering in various grasses*. Rep. No. Series H No. 12, Welsh Plant Breeding Station Bulletin, 1931.
 31. Smart IJ, Knox RB. *Aerobiology of Grass Pollen in the City Atmosphere of Melbourne: Quantitative Analysis of Seasonal and Diurnal Changes*. Aust J Bot 1979;27(3):317-31.
 32. Skjøth CA, Sommer J, Frederiksen L, Gosewinkel Karlson U. *Crop harvest in Denmark and Central Europe contributes to the local load of airborne Alternaria spore concentrations in Copenhagen*. Atmos Chem Phys 2012;12(22):11107-23.
 33. Alcázar P, Galán C, Cariñanos P, Domínguez-Vilches E. *Effects of sampling height and climatic conditions in aerobiological studies*. J Investig Allergol Clin Immunol 1999;9(4):253-61.
 34. Skjøth CA, Sommer J, Brandt J, Hvidberg M, Geels C, Hansen KM, Hertel O, Frohn LM, Christensen JH. *Copenhagen - a significant source of birch (Betula) pollen?* Int J Biometeorol 2008;52(6):453-62.
 35. Skjøth CA, Ørby PV, Becker T, Geels C, Schlünssen V, Sigsgaard T, Bønløkke JH, Sommer J, Søgaard P, Hertel O. *Identifying urban sources as cause of elevated grass pollen concentrations using GIS and remote sensing*. Biogeosciences 2013b;10(1): 541-54.
 36. Hirst JM. *An automatic volumetric spore trap*. Ann Appl Biol 1952;39(2):257-65.
 37. McDonald JE. *Collection and washout of airborne pollens and spores by raindrops*. Science 1962;135(3502):435-7.
 38. Klepeis NE, Nelson WC, Ott WR, Robinson JP, Tsang AM, Switzer P, Behar JV, Hern SC, Engelmann WH. *The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): a resource for assessing exposure to environmental pollutants*. J Expo Anal Environ Epidemiol 2001; 11(3):231-52..
-